

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

25.01.2005

BEST AVAILABLE COPY

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2004年 7月29日
Date of Application:

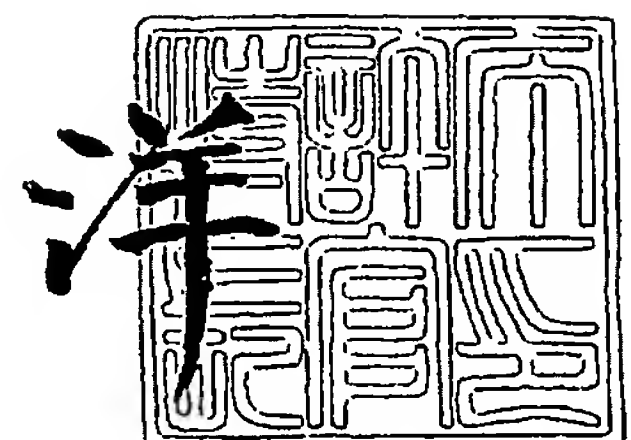
出願番号 特願2004-222250
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP2004-222250]

出願人 古河電気工業株式会社
Applicant(s):

2005年 2月25日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川



【書類名】 特許願
【整理番号】 0400165
【提出日】 平成16年 7月29日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G02B 6/12 .
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号 古河電気工業株式会社内
 【氏名】 奈良 一孝
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号 古河電気工業株式会社内
 【氏名】 占部 晴樹
【特許出願人】
 【識別番号】 000005290
 【氏名又は名称】 古河電気工業株式会社
 【代表者】 石原 廣司
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 005267
 【納付金額】 16,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

基板上に、2つの同一のマッハツェンダ光干渉計回路を完全点対称に縦列接続した第1の点対称接続光干渉計回路を設け、該第1の点対称接続光干渉計回路が1つ以上縦列接続されてなり、前記マッハツェンダ光干渉回路は2つの同一の光カプラを完全点対称に縦列接続させ、2つの光カプラ間に位相部分を備えた点対称接続マッハツェンダ干渉回路であり、前記光カプラは同一の方向性結合器と、前記位相部分とは異なる長さを有する第2の位相部分とから構成されている広帯域波長合分波フィルタ。

【請求項 2】

前記点対称接続マッハツェンダ干渉回路の第1の光導波路の光入力端は複数波長光の入力部と成して該第1の光導波路の出力端はスルーポートと成し、前記点対称接続マッハツェンダ干渉回路の光導波路の出力端はクロスポートと成し、

前記スルーポートには、請求項 A に記載の点対称接続マッハツェンダ干渉回路を少なくとも1つ以上縦列接続させる請求項 1 に記載の広帯域波長合分波フィルタ。

【請求項 3】

前記入力部から入力されスルーポートから出力される信号光は、各点対称接続マッハツェンダ干渉回路のスルーポート側の光導波路のみを伝搬する請求項 2 に記載の広帯域波長合波フィルタ。

【請求項 4】

前記クロスポートには、請求項 1 に記載の少なくとも一つ以上の点対称接続マッハツェンダ干渉回路と、該クロスポートからの出力のアイソレーションを向上させるための少なくとも1つ以上のフィルタ回路とが縦列接続されていることを特徴とする請求項 2 記載の広帯域波長合分波フィルタ。

【請求項 5】

前記フィルタ回路は、第2の方向性結合器と、第3の位相部分とが縦列接続されてなり、該第2の方向性結合器は請求項 1 に記載の方向性結合器とは結合効率が異なり、該第3の位相部分は請求項 1 に記載の第2の位相部分と長さ(位相量)が異なる請求項 4 記載の広帯域波長合分波フィルタ。

【請求項 6】

前記入力部から入力されクロスポートから出力される信号光は、各点対称接続マッハツェンダ干渉回路のクロスポート側の光導波路のみを伝搬する請求項 4 に記載の広帯域波長合分波フィルタ。

【請求項 7】

前記クロスポート側に設けられた前記フィルタ回路の透過率が下がり谷形状のスペクトルとなる波長帯域と、前記スルーポート側に設けられた前記点対称接続マッハツェンダ干渉回路の透過率が下がり谷形状のスペクトルとなる波長帯域とを一致させる請求項 4 記載の広帯域波長合分波フィルタ。

【請求項 8】

前記クロスポート側に設けられた前記フィルタ回路の透過率が下がり谷形状のスペクトルとなる波長帯域と、前記スルーポート側に設けられた前記点対称接続マッハツェンダ干渉回路の透過率が上がり山形状のスペクトルとなる波長帯域とを一致させる請求項 4 記載の広帯域波長合分波フィルタ。

【請求項 9】

基板上に、請求項 1 もしくは請求項 2 に記載の広帯域波長合分波フィルタが少なくとも2つ以上アレイ状に配設されている広帯域波長合分波フィルタ。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 広帯域波長合分波フィルタ

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば光通信分野に用いられる広帯域波長合分波フィルタに関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、インターネットは一般家庭にも普及し、ADSLやFTTHによる常時接続、メガクラスの伝送スピード、月額数千円といった高速かつ低価格なサービスが浸透し、ブロードバンドならではの大容量コンテンツ配信やビデオチャット等が普及しつつある。

【0003】

このようなブロードバンド化に向けて、ピーク時100Mbpsの高速データ通信と最大500chの多チャンネル映像配信を1心の光ファイバで同時に提供できるB-PONシステムがITU-Tにて世界標準とされた。このシステムの構成例を以下の図13に示す（例えば、非特許文献1、参照）。

【0004】

なお、同図において、通信局40は、通信用の光ファイバ45を介してお客様宅41に接続されている。図中、B-ONUはデータ系宅内装置、WDMは光カプラ、V-ONUは映像系宅内装置、NE-OSSはデータ系監視制御装置、B-OLTはデータ系所内装置、EMDXは、Ether多重分離装置、V-OLTは映像系所内装置を示す。

【0005】

このシステムの大きな特徴は、新しい光波長配置により高速データ通信の送受信で使用する2つの波長に加え、さらにもう1つの光波長を重畳して、多チャンネルの映像配信を同時に視聴できる点である。通常は、送受信する高速データ通信波長は下りが1.49 μ m帯(1.48~1.50 μ m)、上りが1.31 μ m帯(1.26~1.36 μ m)であり、EDFAの増幅帯である1.55 μ m帯(1.55~1.56 μ m)で映像の分配を行う。

【0006】

なお、図13に示すシステムにおいては、光線路の保守管理も重要な項目の一つである（例えば非特許文献3、参照）。非特許文献3には、1.65 μ m帯を用いた光線路監視システムについて記載されている。このシステムではOTDR側からの監視波長を導入する際、波長に依らず一定分岐比で光パワーを分ける波長無依存カプラ(WINC)が用いられている。また、WINCの代わりに誘電体多層膜フィルタを平面光波回路(PLC)内に設置したWDMフィルタを用いる場合もある（非特許文献4、参照）。

【0007】

また、B-PONシステムでは1心の光ファイバを用いて3種類の波長の光信号を伝送するため、光合分波機能（複数波長の合波および分波）を有する波長合分波機能と、映像信号を等しい光強度で分配する機能が必要である。従来、波長合分波機能を有する光部品としては、誘電体多層膜フィルタが適用されている。波長合分波機能を有する光部品には、今後、広帯域の波長の合分波特性と、例えば25dBを越える高アイソレーション特性とが要求されつつあり、広帯域波長光合分波フィルタの開発が望まれる。

【0008】

なお、広帯域の波長の合分波特性を有する光部品の例として、図14に示すような構成の回路が知られている（例えば非特許文献2、参照）。

【0009】

この回路は、第1の光導波路11と該第1の光導波路11と間隔を介して並設された第2の光導波路12とにより方向性結合器6を光導波路長手方向に互いに間隔を介して形成した2つの同一のマッハツェンダ光干渉計回路13（13a, 13b）を、その接続中心点Aに対し、完全点対称に縦列接続した点対称接続光干渉計回路である。

【0010】

つまり、2つのマッハツェンダ光干渉計回路13(13a, 13b)の方向性結合器6の配列ピッチが互いに等しく形成されて、一方側のマッハツェンダ光干渉計回路13aの位相部分9は第1の光導波路11の長さが第2の光導波路12の長さより予め決められた長さ分、長く形成され、他方側のマッハツェンダ光干渉計回路13bの位相部分9は第2の光導波路12の長さが第1の光導波路11の長さより前記予め決められた長さ分、長く形成されている。

【0011】

【非特許文献1】B-PONシステムの概要 NTT-AS研 ホームページ

【非特許文献2】Jinguji, et al., "Two-port optical wavelength circuits composed of cascaded Mach-Zehnder interferometers with point-symmetrical configurations", J. Lightwave Technol., vol.14, no.10, pp.2301-2310 (1996).

【非特許文献3】N.Nakao, et al., Maintenance Method Using 1650-nm Wavelength Band for Optical Fiber Cable Networks, J. Lightwave Technol., vol.19, No.10, 2001.

【非特許文献4】荒木他., L-band対応8回路交差導波路型光カプラ, 電子情報通信学会ソサイエティ大会2002, B-10-18.

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

ところで、従来、B-PONシステムに適用されてきた誘電体多層膜フィルタは、一般に広帯域の波長合分波機能を有しているものの、図15に示すように、例えば特性線aに示す透過光の透過帯域に対する、特性線bに示す反射光の非反射帯域のアイソレーションは高い(図15のA参照)が、その逆に、反射光の反射帯域に対する透過光の非透過帯域のアイソレーションが大きく劣化する(図15のB参照)ことが知られており、今後要求されつつある、高アイソレーション特性を満足することができない。

【0013】

また、誘電体多層膜フィルタは、モジュール化の際に、レンズ系を用いたマイクロ-optics技術が適用されるため、部品コストが下がらず、低コスト化が困難である場合があった。

【0014】

さらに、図14に示したような点対称接続光干渉計回路は、広帯域の波長の合分波特性を有する構成として提案されているものの、高アイソレーション特性を得ることは難しいと考えられる。

【0015】

本発明は、上記従来の課題を解決するために成されたものであり、その目的は、広帯域の波長の合分波特性と高アイソレーション特性とが共に良好で、多チャンネル映像配信を1心の光ファイバで同時に提供でき、システムの低コスト化を図ることができる広帯域波長合分波フィルタを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0016】

上記目的を達成するために、本発明は次のような構成をもって課題を解決するための手段としている。すなわち、第1の発明は、基板上に、2つの同一のマッハツェンダ光干渉計回路を完全点対称に縦列接続した第1の点対称接続光干渉計回路を設け、該第1の点対称接続光干渉計回路が1つ以上縦列接続されてなり、前記マッハツェンダ光干渉回路は2つの同一の光カプラを完全点対称に縦列接続させ、2つの光カプラ間に位相部分を備えた点対称接続マッハツェンダ干渉回路であり、前記光カプラは同一の方向性結合器と、前記位相部分とは異なる長さを有する第2の位相部分とからなる構成をもって課題を解決する手段としている。

【0017】

また、第2の発明は、上記第1の発明の構成に加え、前記点対称接続マッハツェンダ干渉回路の第1の光導波路の光入力端は複数波長光の入力部と成して該第1の光導波路の出力端はスルーポートと成し、前記点対称接続マッハツェンダ干渉回路の光導波路の出力端はクロスポートと成し、前記スルーポートには、請求項Aに記載の点対称接続マッハツェンダ干渉回路を少なくとも1つ以上縦列接続させる構成をもって課題を解決する手段としている。

【0018】

さらに、第3の発明は、上記第2の発明の構成に加え、前記入力部から入力されスルーポートから出力される信号光は、各点対称接続マッハツェンダ干渉回路のスルーポート側の光導波路のみを伝搬させる構成をもって課題を解決する手段としている。

【0019】

さらに、第4の発明は、上記第2の発明の構成に加え、前記クロスポートには上記第1の発明に記載の少なくとも一つ以上の点対称接続マッハツェンダ干渉回路と、該クロスポートからの出力のアイソレーションを向上させるための少なくとも一つ以上のフィルタ回路とが縦列接続されている構成をもって課題を解決する手段としている。

【0020】

さらに、第5の発明は、上記第4の発明の構成に加え、前記フィルタ回路は第2の方向性結合器と、第3の位相部分とが縦列接続されてなり、該第2の方向性結合器は上記第1の発明に記載の方向性結合器とは結合効率が異なり、該第3の位相部分は上記第1の発明に記載の第2の位相部分と長さ(位相量)が異なる構成をもって課題を解決する手段としている。

【0021】

さらに、第6の発明は、上記第4の発明の構成に加え、前記入力部から入力されクロスポートから出力される信号光は、各点対称接続マッハツェンダ干渉回路のクロスポート側の光導波路のみを伝搬する構成をもって課題を解決する手段としている。

【0022】

さらに、第7の発明は、上記第4の発明の構成に加え、前記クロスポート側に設けられた前記フィルタ回路の透過率が下がり谷形状のスペクトルとなる波長帯域と、前記スルーポート側に設けられた前記点対称接続マッハツェンダ干渉回路の透過率が下がり谷形状のスペクトルとなる波長帯域とを一致させる構成をもって課題を解決する手段としている。

【0023】

さらに、第8の発明は、上記第4の発明の構成に加え、前記クロスポート側に設けられた前記フィルタ回路の透過率が下がり谷形状のスペクトルとなる波長帯域と、前記スルーポート側に設けられた前記点対称接続マッハツェンダ干渉回路の透過率が上がり山形状のスペクトルとなる波長帯域とを一致させる構成をもって課題を解決する手段としている。

【0024】

さらに、第9の発明は、基板上に、上記第1もしくは上記第2に記載の広帯域波長合成分波フィルタが少なくとも2つ以上、アレイ状に配設されている構成をもって課題を解決する手段としている。

【発明の効果】

【0025】

本発明によれば、基板上に光導波路の回路を形成して広帯域波長合成分波フィルタを形成することにより、以下のような回路構成によって、容易に設計通りの波長特性を有する広帯域波長合成分波フィルタを形成することができる。

【0026】

つまり、本発明における光導波路の回路は、基板上に、2つの同一のマッハツェンダ光干渉計回路を完全点対称に縦列接続した第1の点対称接続光干渉計回路を設け、該第1の点対称接続光干渉計回路が1つ以上縦列接続されてなり、前記マッハツェンダ光干渉回路は2つの同一の光カプラを完全点対称に縦列接続させ、2つの光カプラ間に位相部分を備えた点対称接続マッハツェンダ干渉回路であり、前記光カプラは同一の方向性結合器と、

前記位相部分とは異なる長さ（位相量）を有する第2の位相部分とから構成されているので、いずれの出力に対しても高アイソレーションを有し、かつレンズ系を用いずに光導波路を形成することができるので低コスト化を実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

以下、本発明の実施の形態を、図面を参照して説明する。なお、本実施形態例の説明において、従来例と同一名称部分には同一符号を付し、その重複説明は省略または簡略化する。

【0028】

本発明に係る広帯域波長合分波フィルタの第1実施形態例について説明する。第1実施形態例の広帯域波長合分波フィルタ50は、基板15上に、図1(a)に示すような光導波路の回路を形成して成り、この回路は、点対称接続マッハツェンダ光干渉計回路52a, 52bとを完全点対称に縦列接続させて構成される。

【0029】

点対称接続マッハツェンダ光干渉計回路52a, 52bは、2つの同一構成の光カップラ53a, 53bが完全点対称に形成され、この光カップラ53a, 53b間に位相部分54を備えてなる。なお、光カップラ53a, 53bは同一の方向性結合器56（図1(b)を参照）と、 ΔL_0 を有する第2の位相部分58とから構成されている。なお、第2の位相部分58の長さ（位相量） ΔL_0 は、位相部分54の長さ（位相量） ΔL_1 とは異なるものである。

【0030】

図1に示す点対称接続マッハツェンダ光干渉計回路52a, 52bでは、方向性結合器56の配列ピッチが互いに等しく形成されて、一方側（図1の紙面では左側）の点対称接続マッハツェンダ光干渉計回路52aの位相部分54は第1の光導波路11の長さが第2の光導波路12の長さより設定長さ（ここでは ΔL_1 ）分長く形成され、他方側（図1の紙面では右側）の点対称接続マッハツェンダ光干渉回路52bの位相部分54は第2の光導波路12の長さが第1の光導波路11の長さより前記設定長さ（ここでは ΔL_1 ）分長く形成されている。

【0031】

各点対称接続マッハツェンダ光干渉計回路52a, 52bには、それぞれ第2の位相部分58が2箇所ずつ形成され、第1の光導波路11と第2の光導波路12にそれぞれ1箇所ずつ形成されている。このため、各点対称接続マッハツェンダ光干渉計回路52a, 52bでの第1の光導波路11と第2の光導波路12の長さの差は、第2の位相部分58の設定長さ（ ΔL_0 ）が相殺されることになり、設定長さ（ ΔL_1 ）のみとなる。

【0032】

なお、上述した設定長さ ΔL_0 、 ΔL_1 は、各点対称接続マッハツェンダ光干渉計回路52a, 52bの回路設計により適宜設定されるものである。

【0033】

また、図1に示すように、第1の光導波路11の光入力端17は複数波長光の入力部と成している。この入力部（IN port）に対し、第1の光導波路11の出力端はスルーポート（Through port）18と成し、入力部が形成されていない第2の光導波路12の出力端はクロスポート（Cross port）19と成している。

【0034】

マッハツェンダ光干渉計回路52a, 52bを有するような波長合分波回路において、第1の光導波路11と第2の光導波路12のうち一方側の光導波路から入力されて該光導波路から出力される光をスルー伝搬光といい、前記一方側の光導波路から入力されて他方側から出力される光をクロス伝搬光という。例えば、第1の光導波路11の光入力側から入力されて該第1の光導波路11の光出力側であるスルーポート18から出力される光はスルー伝搬光であり、前記第1の光導波路11の光入力側から入力されて第2の光導波路12の光出力側であるクロスポート19から出力される光はクロス伝搬光という。

【0035】

点对称接続マッハツェンダ光干渉計回路52a, 52bにおいて、クロスポート19から出力される光（つまり、クロス伝搬光）の透過率 T_{CR} は、以下の式（1）、（2）、（3）、（4）、（5）で与えられる。

【0036】

$$T_{CR} = 4C(1-C) \quad (1)$$

【0037】

$$C = 4K(1-K) \cos^2(\Delta\Psi/2) \quad (2)$$

【0038】

$$K = 4P(1-P) \cos^2(\Delta\Phi/2) \quad (3)$$

【0039】

$$\Delta\Psi = n_{eff} \cdot \Delta L_1 (2\pi/\lambda) \quad (4)$$

【0040】

$$\Delta\Phi = n_{eff} \cdot \Delta L_0 (2\pi/\lambda) \quad (5)$$

【0041】

ここで、 P は方向性結合器56の結合効率、 ΔL_0 は光カプラの光路長差、 ΔL_1 は点对称マッハツェンダ光干渉計回路の光路長差、 n_{eff} はコア（光導波路）の等価屈折率、 λ は波長である。

【0042】

（実施例1）

上記第1実施形態例の実施例として、以下のようにして広帯域波長合分波フィルタ50を設計した。上記式（1）ないし（5）を用いた回路設計について以下に説明する。また、回路設計の際、スルーポート18から1.31 μ m帯、1.49 μ m帯、1.55 μ m帯の光信号を出力させ、クロスポート19から1.65 μ m帯の光信号を出力させるものとした。

【0043】

一番波長間隔の離れている1.31 μ m帯と1.55 μ m帯の2波長に対し、 $C \doteq 0$ とすると $T_{CR} \doteq 0$ となるので、スルーポート18に伝搬される光透過率は $1 - T_{CR} \doteq 1$ となり、指定した2波長がスルーポート18より出力される。 $C \doteq 0$ とするために式（2）で $\cos^2(\Delta\Psi/2) \doteq 0$ 、すなわち波長1.31 μ m帯で $\Delta\Psi/2 \doteq (2m+3)\pi$ かつ波長1.55 μ mで $(2m+1)\pi$ を満たすように ΔL_1 を決定する。

【0044】

次に1.65 μ m帯で $T_{CR} \doteq 1$ とすると、 $C \doteq 0.5$ となる。これを満たすように光カプラの結合効率 K を式（1）から計算により決定する。

【0045】

続いて1.31 μ m帯、1.49 μ m帯、1.55 μ m帯で広帯域化とするためには、これら波長帯域付近において $C \doteq 0$ となる波長領域を出来るだけ拡大する必要がある。すなわち $K \doteq 0$ となる波長領域を出来るだけ拡大する。また、これと同時に1.65 μ m帯は、上述で求めた K の値になるように方向性結合器の結合効率 P 及び ΔL_0 を数値計算により求める。

【0046】

このようにして、方向性結合効率 P と、第2の位相部分58の設定長さ ΔL_0 と、位相部分54の設定長さ ΔL_1 とを算出し、コアのクラッドに対する比屈折率差 $\Delta = 0.8\%$ として広帯域波長合分波フィルタ50を作製した場合の光結合特性およびフィルタ特性（透過率の波長特性）を図2（a）、（b）に示す。

【0047】

図2（b）からわかるように、広帯域波長合分波フィルタ50は、スルーポート18から波長1.31 μ m帯、1.49 μ m帯、1.55 μ m帯の光信号を出力させることができ、クロスポート19から波長1.65 μ m帯の光信号を出力させることが出来る。

【0048】

次に、本発明に係る広帯域波長合分波フィルタの第2実施形態例について説明する。第2実施形態例は、図3に示す回路構成を有しており、上記第1実施形態例と異なる特徴的なことは、図1のスルーポート側にもう一つの広帯域波長合分波フィルタを縦列接続させ、図1のクロスポート側に広帯域波長合分波フィルタと2つ（2段構成）のフィルタ回路とを縦列接続させたことである。以下に図3を参照して詳細を説明する。

【0049】

図3に示す広帯域波長合分波フィルタ70は、一段目の広帯域波長合分波フィルタ72と、一段目の広帯域波長合分波フィルタ72のスルーポート18（図3では上側のポート）またはクロスポート19（図3では下側のポート）のそれぞれに縦列接続された二段目の広帯域波長合分波フィルタ74a、74bと、二段目の広帯域波長合分波フィルタ74bのクロスポート側に縦列接続された2段構成のフィルタ回路76、78とで構成されている。なお、二段目の広帯域波長合分波フィルタ74a、74bは一段目の広帯域波長合分波フィルタ72と同じ構成であり、一段目の広帯域波長合分波フィルタ72は実施例1で詳述したので、説明は省略する。

【0050】

フィルタ回路76、78は、それぞれ第2の方向性結合器80と、第3の位相部分82とが縦列接続されて構成されている。なお、第2の方向性結合器80は、一段目もしくは二段目の広帯域波長合分波フィルタ72、74a、74bに記載の方向性結合器56（図1参照）とは結合効率が異なるように形成されている。また、第3の位相部分82は、一段目もしくは二段目の広帯域波長合分波フィルタ72、74a、74bに記載の第2の位相部分58（図1参照。図1では ΔL_0 ）と長さ（位相量）が異なるように形成されている。

【0051】

このような広帯域波長合分波フィルタ70では、入力部から入力されスルーポート84（図3では二段目の広帯域波長合分波フィルタ74aの下側のポート）から出力される信号光は、一段目と二段目の広帯域波長合分波フィルタ74aのスルーポート側の光導波路のみを伝搬する。

【0052】

また、入力部から入力されクロスポート86（図3では二段目のフィルタ回路78の上側のポート）から出力される信号光は、一段目と二段目の広帯域波長合分波フィルタ72、74b、一段目と二段目のフィルタ回路76、78のクロスポート側の光導波路のみを伝搬する。

【0053】

（実施例2）

上記第2実施形態例の実施例として、図3に示す広帯域波長合分波フィルタ70を形成した。図4はスルーポート側の一段目および二段目の広帯域波長合分波フィルタ72、74aを伝搬させた場合の透過率の波長特性の設計を示すグラフであり、図5はクロスポート側の一段目および二段目の広帯域波長合分波フィルタ72、74bおよび一段目と二段目のフィルタ回路76、78を伝搬させた場合の透過率の波長特性の設計を示すグラフである。図6は、図4、図5を基に形成された広帯域波長合分波フィルタ70の透過率の波長特性の試験結果を示すものである。

【0054】

図5では、二段目の広帯域波長合分波フィルタ74bのクロスポート86側から出力される信号光の透過率の波長特性が $1.31\mu\text{m}$ 帯において谷形状（透過率が下がり損失が急激に劣化する）のスペクトルとなっているが、信号光の透過率の波長特性が $1.31\mu\text{m}$ 帯において谷形状のスペクトルを有する（一段目の）フィルタ回路76を形成し伝搬させることで $1.31\mu\text{m}$ 帯のアイソレーションが $>40\text{dB}$ に改善できることがわかる。

【0055】

また、図5では、波長 $1.49\mu\text{m}$ 帯、 $1.55\mu\text{m}$ 帯及び $1.43\mu\text{m}$ 帯付近のアイソレーションを向上させるため、波長 $1.43\mu\text{m}$ 帯における二段目の広帯域波長合分波フ

フィルタ 74b のクロスポート側から出力される信号光の透過率の波長特性が山形状(透過率が増加し損失が良い部分)のスペクトルとなっているが、信号光の透過率の波長特性が 1.43 μm 帯において谷形状のスペクトルを有する(二段目の)フィルタ回路 78 を形成し伝播させることで 1.43 μm 帯のアイソレーションが $> 30\text{ dB}$ に改善できることがわかる。

【0056】

このように本実施例では、二段目の広帯域波長合分波フィルタ 74b のクロスポート側から出力される信号光の透過率の波長特性が山形状のスペクトルもしくは谷形状のスペクトルの場合、各山形状のスペクトルのピーク値を持つ波長帯、もしくは谷形状のスペクトルのピーク値を持つ波長帯と、後段に配置される一段目および二段目のフィルタ回路 76、78 の透過率の波長特性の谷形状のスペクトルのピーク値を持つ波長帯を一致させることで、広帯域かつ高アイソレーションを有する広帯域波長合分波フィルタ 70 を構成することができる。

【0057】

図 4 および図 5 を考慮し、図 3 に示す回路構成の広帯域波長合分波フィルタ 70 を形成し、その実験結果を図 6 に示す。広帯域波長合分波フィルタ 70 は、まず、火炎加水分解堆積法を用いてシリコン基板上に、 GeO_2 をドーピングした石英系ガラスのコア膜及びアンダークラッド膜を形成する。この際、比屈折率差 $\Delta = 0.8\%$ 、膜厚 $= 6.5\text{ }\mu\text{m}$ とした。続いて、上記図 3 で示した広帯域波長合分波フィルタ 70 の描かれたフォトマスクを介してフォトリソグラフィ、反応性イオンエッチング法にてコアに光回路パターンを転写し、その後再度火炎加水分解堆積法を用いて石英系ガラスのオーバークラッド膜を形成し、広帯域波長合分波フィルタ 70 を作製した。

【0058】

なお、各光回路の設計値は以下の通りである。一段目および二段目の広帯域波長合分波フィルタ 72、74a、74b は、第 2 の位相部分 58 の $\Delta L_0 = 8.03\text{ }\mu\text{m}$ 、位相部分 54 の $\Delta L_1 = 6.72\text{ }\mu\text{m}$ 、方向性結合器 56 のピッチ $= 9.4\text{ }\mu\text{m}$ 、方向性結合器 56 の結合部長 $= 0\text{ }\mu\text{m}$ である。一段目のフィルタ回路 76 は、第 3 の位相部分 82 の $\Delta L_c = 2.25\text{ }\mu\text{m}$ 、第 2 の方向性結合器 80 のピッチ $= 9.4\text{ }\mu\text{m}$ 、第 2 の方向性結合器 80 の結合部長 $= 427\text{ }\mu\text{m}$ である。二段目のフィルタ回路 78 は、第 3 の位相部分 82 の $\Delta L_c = 3.43\text{ }\mu\text{m}$ 、第 2 の方向性結合器 80 のピッチ $= 9.4\text{ }\mu\text{m}$ 、第 2 の方向性結合器 80 の結合部長 $= 427\text{ }\mu\text{m}$ である。

【0059】

図 6 に示す透過率の波長特性のグラフからわかるように、波長 1.31 μm 帯 (1.26 ~ 1.36 μm)、1.49 μm 帯 (1.48 ~ 1.50 μm)、1.55 μm 帯 (1.55 ~ 1.56 μm) および 1.65 μm 帯 (1.635 ~ 1.670 μm) とともに、挿入損失は 2.5 dB 以下で、アイソレーションはほぼ $> 40\text{ dB}$ となった。

【0060】

次に、本発明に係る広帯域波長合分波フィルタの第 3 実施形態例について説明する。第 3 実施形態例は、図 7 に示す回路構成を有しており、図 3 に示す第 2 実施形態例と異なる特徴的なことは、フィルタ回路を一段構成にしたことである。

【0061】

(実施例 3)

上記第 3 実施形態例の実施例として、上記実施例 2 と同様の方法により、広帯域波長合分波フィルタ 90 を形成した。すなわち、まず、火炎加水分解堆積法を用いてシリコン基板上に、 GeO_2 をドーピングした石英系ガラスのコア膜及びアンダークラッド膜を形成する。この際、比屈折率差 $\Delta = 0.8\%$ 、膜厚 $= 6.5\text{ }\mu\text{m}$ とした。続いて、波長帯域が 1.31 μm 帯、1.49 μm 帯はスルーポートから、また波長帯域が 1.55 μm 帯はクロスポートから出力されるように回路設計された図 7 に示す広帯域波長合分波フィルタ 90 の描かれたフォトマスクを介して、フォトリソグラフィ、反応性イオンエッチング法にてコアに光回路パターンを転写し、その後再度火炎加水分解堆積法を用いて石英系ガラスの

オーバークラッド膜を形成し、広帯域波長合分波フィルタ 90 を作製した。

【0062】

なお、各光回路の設計値は以下の通りである。一段目および二段目の広帯域波長合分波フィルタ 72、74a、74b は、第2の位相部分 58 の $\Delta L_0 = 3.15 \mu\text{m}$ 、位相部分 54 の $\Delta L_1 = 10.77 \mu\text{m}$ 、方向性結合器 56 のピッチ $= 11.2 \mu\text{m}$ 、方向性結合器 56 の結合部長 $= 423 \mu\text{m}$ である。一段目のフィルタ回路 76 は、第3の位相部分 82 の $\Delta L_c = 11.79 \mu\text{m}$ 、第2の方向性結合器 80 のピッチ $= 9.4 \mu\text{m}$ 、第2の方向性結合器 80 の結合部長 $= 566 \mu\text{m}$ である。

【0063】

上述の設計により作製された図7に示す広帯域波長合分波フィルタの透過率の波長特性を図8に示す。図8のグラフからわかるように、波長 $1.31 \mu\text{m}$ 帯 ($1.26 \sim 1.36 \mu\text{m}$)、 $1.49 \mu\text{m}$ 帯 ($1.48 \sim 1.50 \mu\text{m}$)、 $1.55 \mu\text{m}$ 帯 ($1.55 \sim 1.56 \mu\text{m}$) とともに、挿入損失は 2.0 dB 以下で、アイソレーションはほぼ $> 40 \text{ dB}$ となった。

【0064】

次に、本発明に係る広帯域波長合分波フィルタを用いた第4実施形態例について説明する。第4実施形態例は、図9に示す回路構成を有する広帯域光スプリッタ／ルータ 100 である。この、広帯域光スプリッタ／ルータ 100 は、図1、図3に示す広帯域波長合分波フィルタ 50、70 と、アレイ導波路格子 102 および 1×8 分岐光スプリッタ 104 を一つの基板 106 上にモノリシック集積した回路構成が描かれたフォトマスクを介して、フォトリソグラフィ、反応性イオンエッチング法にてコアに光回路パターンを転写し、その後再度火炎加水分解堆積法を用いて石英系ガラスのオーバークラッド膜を形成して作製した。

【0065】

図9に示す広帯域光スプリッタ／ルータ 100 では、まず、入力される波長 $1.31 \mu\text{m}$ 帯、 $1.49 \mu\text{m}$ 帯、 $1.55 \mu\text{m}$ 帯および $1.65 \mu\text{m}$ 帯の WDM 信号光を広帯域波長合分波フィルタ 70 で分波する。その後、 $1.31 \mu\text{m}$ 帯、 $1.49 \mu\text{m}$ 帯および $1.55 \mu\text{m}$ 帯の信号光は 1×8 分岐光スプリッタ 104 によって光強度が均一に 8 分岐され、さらに $1.65 \mu\text{m}$ 帯の信号光は光ルータとして機能するアレイ導波路格子 102 によって波長間隔 5 nm 、 8 ch に分波される。その後、分岐された $1.31 \mu\text{m}$ 帯、 $1.49 \mu\text{m}$ 帯および $1.55 \mu\text{m}$ 帯の信号光と、分波された $1.65 \mu\text{m}$ 帯の信号光は、広帯域波長合分波フィルタ 50 で合波され出力される。すなわち、図3に示す広帯域波長合分波フィルタ 70 は分波用として利用し、図1に示す広帯域波長合分波フィルタ 50 は合波用として利用する。

【0066】

(実施例 4)

上記第4実施形態例の実施例として、図9に示す広帯域光スプリッタ／ルータ 100 を他の実施例と同様の方法により形成した。なお、各光回路の設計値は以下の通りである。分波用の広帯域波長合分波フィルタ 70 では、第2の位相部分の $\Delta L_0 = 8.03 \mu\text{m}$ 、位相部分の $\Delta L_1 = 6.72 \mu\text{m}$ 、方向性結合器のピッチ $= 11.2 \mu\text{m}$ 、方向性結合器の結合部長 $= 270 \mu\text{m}$ である。一段目のフィルタ回路は、第3の位相部分の $\Delta L_c = 2.25 \mu\text{m}$ 、方向性結合器のピッチ $= 9.4 \mu\text{m}$ 、方向性結合器の結合部長 $= 427 \mu\text{m}$ である。二段目のフィルタ回路は、第3の位相部分の $\Delta L_c = 2.25 \mu\text{m}$ 、方向性結合器のピッチ $= 9.4 \mu\text{m}$ 、方向性結合器の結合部長 $= 427 \mu\text{m}$ である。合波用の広帯域波長合分波フィルタ 50 では、第2の位相部分の $\Delta L_0 = 8.03 \mu\text{m}$ 、位相部分の $\Delta L_1 = 6.72 \mu\text{m}$ 、方向性結合器のピッチ $= 11.2 \mu\text{m}$ 、方向性結合器結合部長 $= 270 \mu\text{m}$ である。

【0067】

上述の設計により広帯域光スプリッタ／ルータ 100 を作製し、各 ch から出力された信号光の透過率の波長特性を図10に示す。図10からわかるように、波長 $1.31 \mu\text{m}$

帯 ($1.26\mu\text{m}\sim 1.36\mu\text{m}$)、 $1.49\mu\text{m}$ 帯 ($1.48\mu\text{m}\sim 1.50\mu\text{m}$)、 $1.55\mu\text{m}$ 帯 ($1.55\mu\text{m}\sim 1.56\mu\text{m}$) とともに、挿入損失は 12.7dB 以下であった。また、 $1.65\mu\text{m}$ 帯 ($1.635\mu\text{m}\sim 1.670\mu\text{m}$) では、挿入損失が 7.5dB 以下で、アイソレーションはほぼ $>30\text{dB}$ となった。この結果から、波長 $1.31\mu\text{m}$ 帯、 $1.49\mu\text{m}$ 帯、 $1.55\mu\text{m}$ 帯では光スプリッタ機能を実現し、波長 $1.65\mu\text{m}$ 帯では光ルータ機能を実現することが可能であり、他の導波路回路パーツとモノリシック集積することにより高機能化が実現できる。

【0068】

次に、本発明に係る広帯域波長合分波フィルタを用いた第5実施形態例について説明する。第5実施形態例は、図11に示す回路構成を有する広帯域波長合分波フィルタ機能付き光スプリッタ120である。

【0069】

この光スプリッタ120は、まず、火炎加水分解堆積法を用いて石英ガラス基板上に、 TiO_2 をドープした石英系ガラスのコア膜を形成する。この際、比屈折率差 $\Delta = 0.4\%$ 、膜厚 $7.0\mu\text{m}$ とした。続いて、入力される波長 $1.55\mu\text{m}$ 帯の信号光を均一の光強度で8分岐する 1×8 分岐光スプリッタ122と、 $1.31\mu\text{m}$ 帯および $1.49\mu\text{m}$ 帯の光がスルーポートより出力され $1.55\mu\text{m}$ 帯の光がクロスポートより出力されるように設計された図1に示す広帯域波長合分波フィルタ50とが、同一基板上にモノリシック集積した回路構成が描かれたフォトリソグラフィ、反応性イオンエッチング法にてコアに光回路パターンを転写する。その後、再度火炎加水分解堆積法を用いて石英系ガラスのオーバークラッド膜を形成して作製した。

【0070】

(実施例5)

上記第5実施形態例の実施例として、図11に示す光スプリッタ120の透過率の波長特性を図12に示す。なお、各光回路の設計値は以下の通りである。広帯域波長合分波フィルタ50は、第2の位相部分の $\Delta L_0 = 3.16\mu\text{m}$ 、位相部分の $\Delta L_1 = 10.81\mu\text{m}$ 、方向性結合器のピッチ $= 13.68\mu\text{m}$ 、方向性結合器結合部長 $= 0\mu\text{m}$ である。また、図12に示した (Th) はスルーポートからの出力を意味し、(Cr) はクロスポートからの出力を意味する。

【0071】

図12からわかるように、波長 $1.31\mu\text{m}$ 帯 ($1.26\mu\text{m}\sim 1.36\mu\text{m}$)、 $1.49\mu\text{m}$ 帯 ($1.48\mu\text{m}\sim 1.50\mu\text{m}$) の挿入損失は 2.0dB 以下であり、波長 $1.55\mu\text{m}$ 帯 ($1.55\mu\text{m}\sim 1.56\mu\text{m}$) の挿入損失は 11.0dB 以下であった。また、図12から、波長 $1.55\mu\text{m}$ 帯では均一な光強度に8分岐されており、分岐された波長 $1.55\mu\text{m}$ 帯の信号光と $1.31\mu\text{m}$ 帯、 $1.49\mu\text{m}$ 帯の信号光とを合波していることがわかる。

【図面の簡単な説明】

【0072】

【図1】 (a) は本発明に係る広帯域波長合分波フィルタの第1実施形態例の回路構成を模式的に示す要部構成図であり、(b) は方向性結合器の要部拡大図である。

【図2】 (a) は図1に示す広帯域波長合分波フィルタの光結合特性を示すグラフであり、(b) は図1に示す広帯域波長合分波フィルタの透過率の波長特性を示すグラフである。

【図3】 本発明に係る広帯域波長合分波フィルタの第2実施形態例の回路構成を模式的に示す要部構成図である。

【図4】 図3に示す広帯域波長合分波フィルタのスルーポートから出力される光の透過率の波長特性を示すグラフである。

【図5】 図3に示す広帯域波長合分波フィルタのクロスポートから出力される光の透過率の波長特性を示すグラフである。

【図6】 図3に示す広帯域波長合分波フィルタの透過率の波長特性を示すグラフであ

る。

【図 7】 本発明に係る広帯域波長合分波フィルタの第 3 実施形態例の回路構成を模式的に示す要部構成図である。

【図 8】 図 7 に示す広帯域波長合分波フィルタの透過率の波長特性を示すグラフである。

【図 9】 本発明に係る広帯域波長合分波フィルタを用いた第 4 実施形態例の広帯域光スプリッタ／ルータの回路構成を模式的に示す要部構成図である。

【図 10】 (a) は図 9 に示す広帯域光スプリッタ／ルータの光スプリッタ機能を示すグラフであり、(b) は光ルータ機能を示すグラフである。

【図 11】 本発明に係る広帯域波長合分波フィルタを用いた第 5 実施形態例の広帯域波長合分波フィルタ機能付き光スプリッタである。

【図 12】 図 11 に示す広帯域波長合分波フィルタ機能付き光スプリッタの透過率の波長特性を示すグラフである。

【図 13】 従来の B-PON システムの構成例を示す説明図である。

【図 14】 従来の波長合分波フィルタの回路構成を模式的に示す要部構成図である。

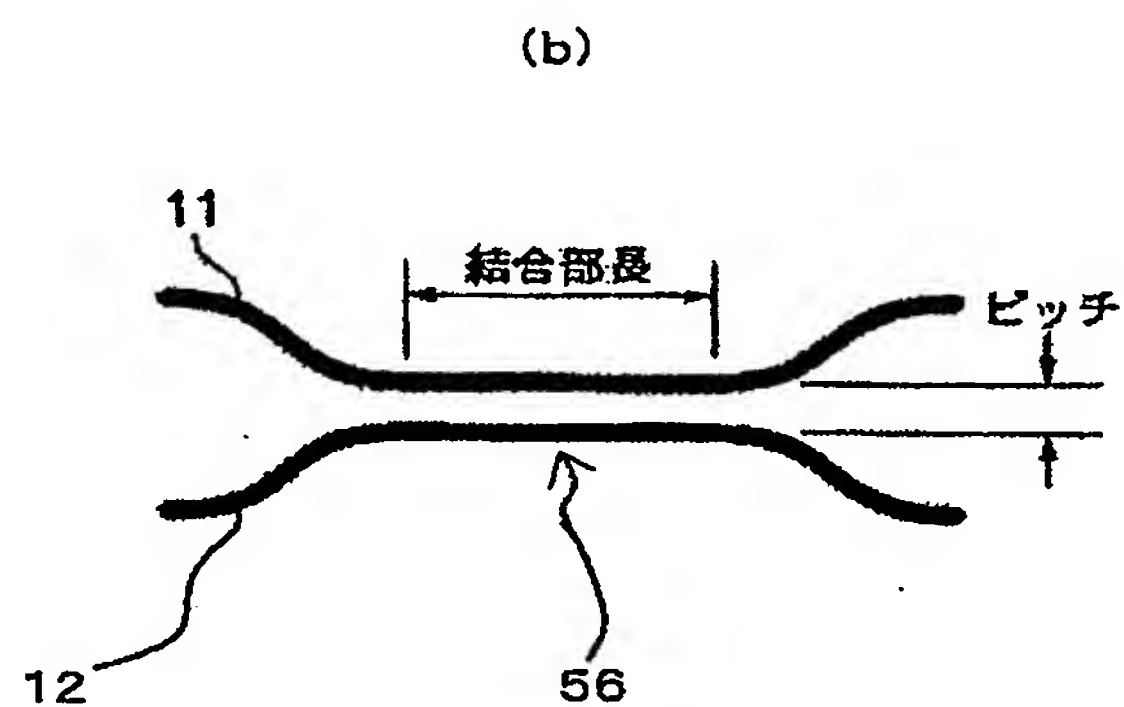
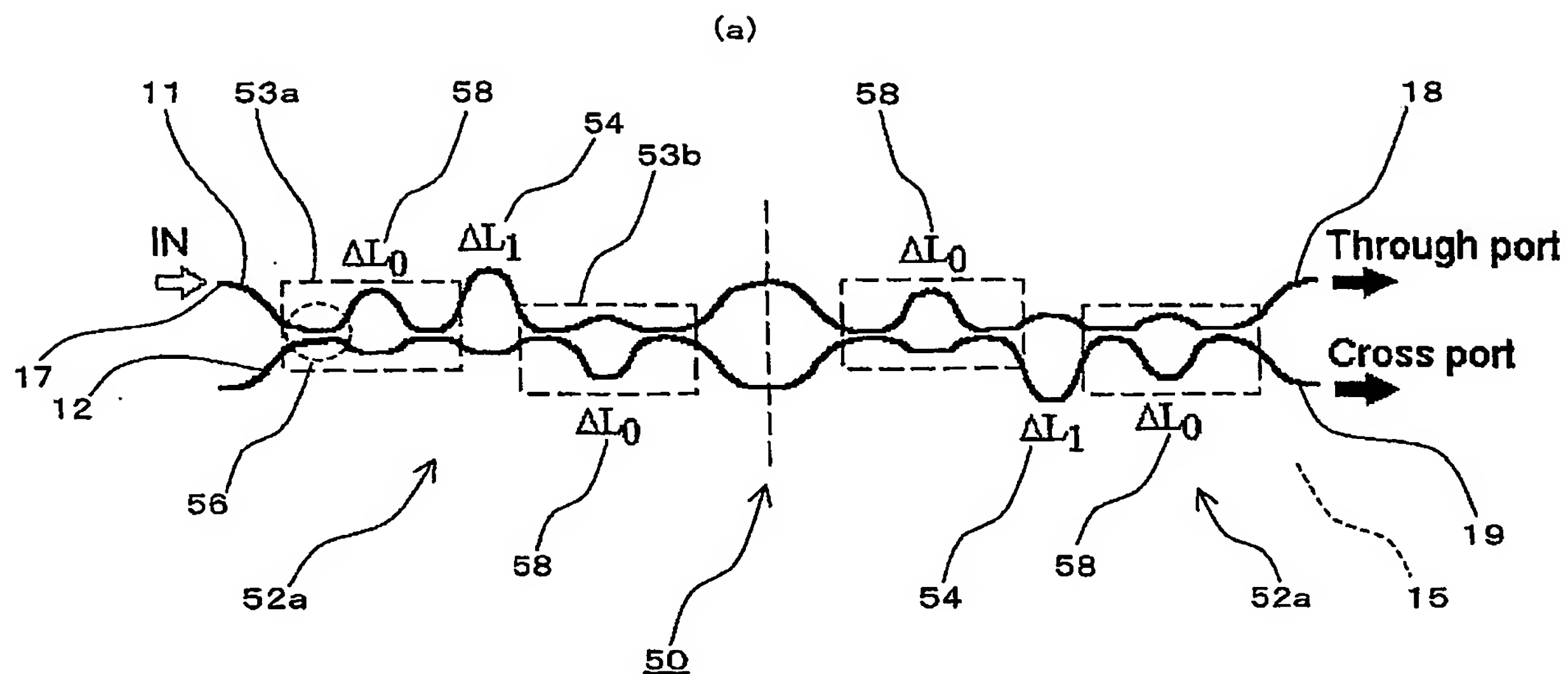
【図 15】 誘電体多層膜フィルタの光透過特性と光反射特性の例を示すグラフである。

【符号の説明】

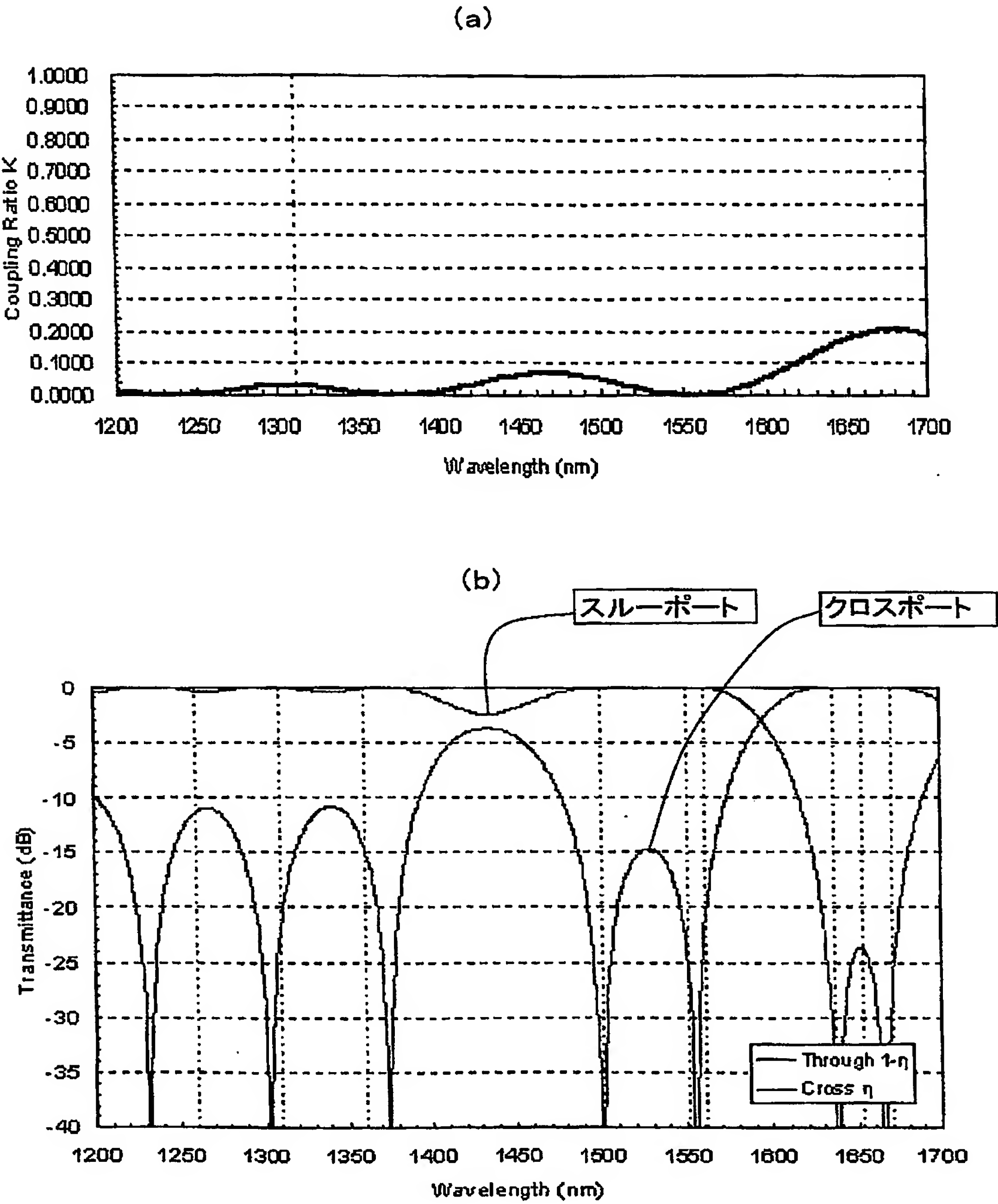
【0073】

- 11 第 1 の光導波路
- 12 第 2 の光導波路
- 15 基板
- 17 光入力端
- 18 スルーポート
- 19 クロスポート
- 50 広帯域波長合分波フィルタ
- 52 a, 52 b 点対称接続マッハツェンダ光干渉計回路
- 53 a, 53 b 光カプラ
- 54 位相部分
- 56 方向性結合器
- 58 第 2 の位相部分
- 70 広帯域波長合分波フィルタ
- 72 一段目の広帯域波長合分波フィルタ
- 74 a, 74 b 二段目の広帯域波長合分波フィルタ
- 76 一段目のフィルタ回路
- 78 二段目のフィルタ回路
- 80 第 2 の方向性結合器
- 82 第 3 の位相部分
- 84 スルーポート
- 86 クロスポート
- 90 広帯域波長合分波フィルタ
- 100 広帯域光スプリッタ／ルータ
- 102 アレイ導波路格子
- 104 1×8 分岐光スプリッタ
- 106 基板
- 120 光スプリッタ
- 122 1×8 分岐光スプリッタ

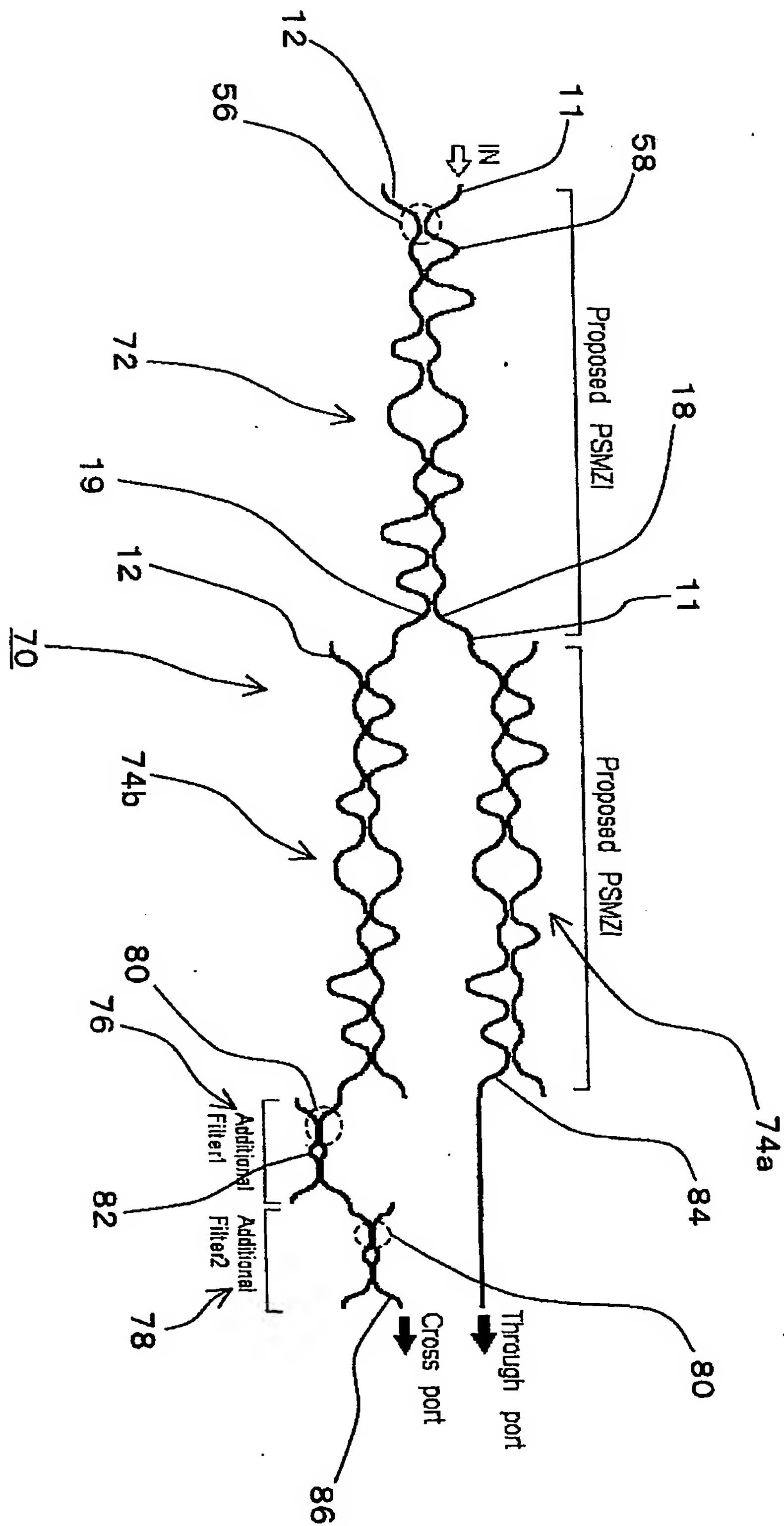
【書類名】 図面
【図 1】



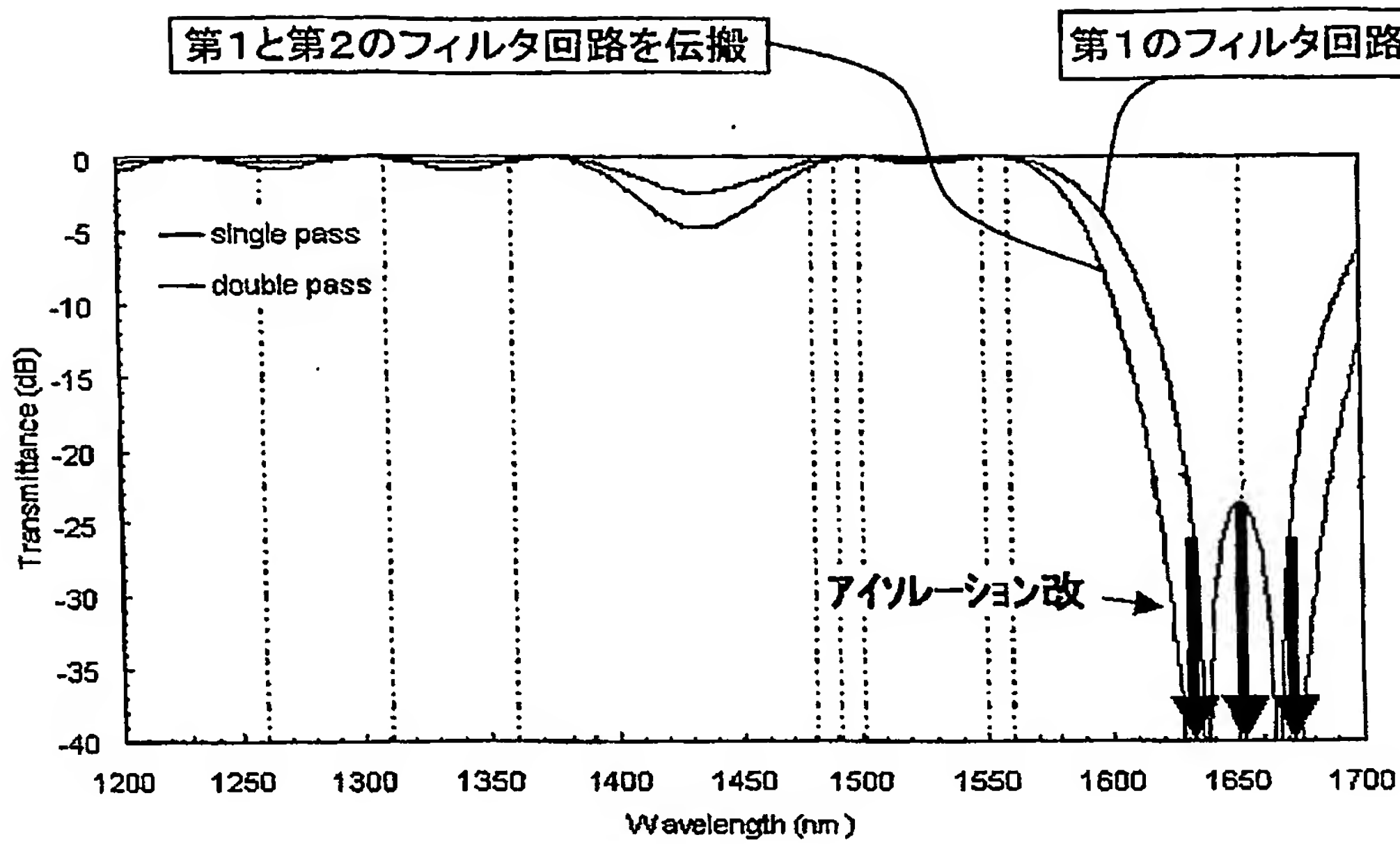
【図 2】



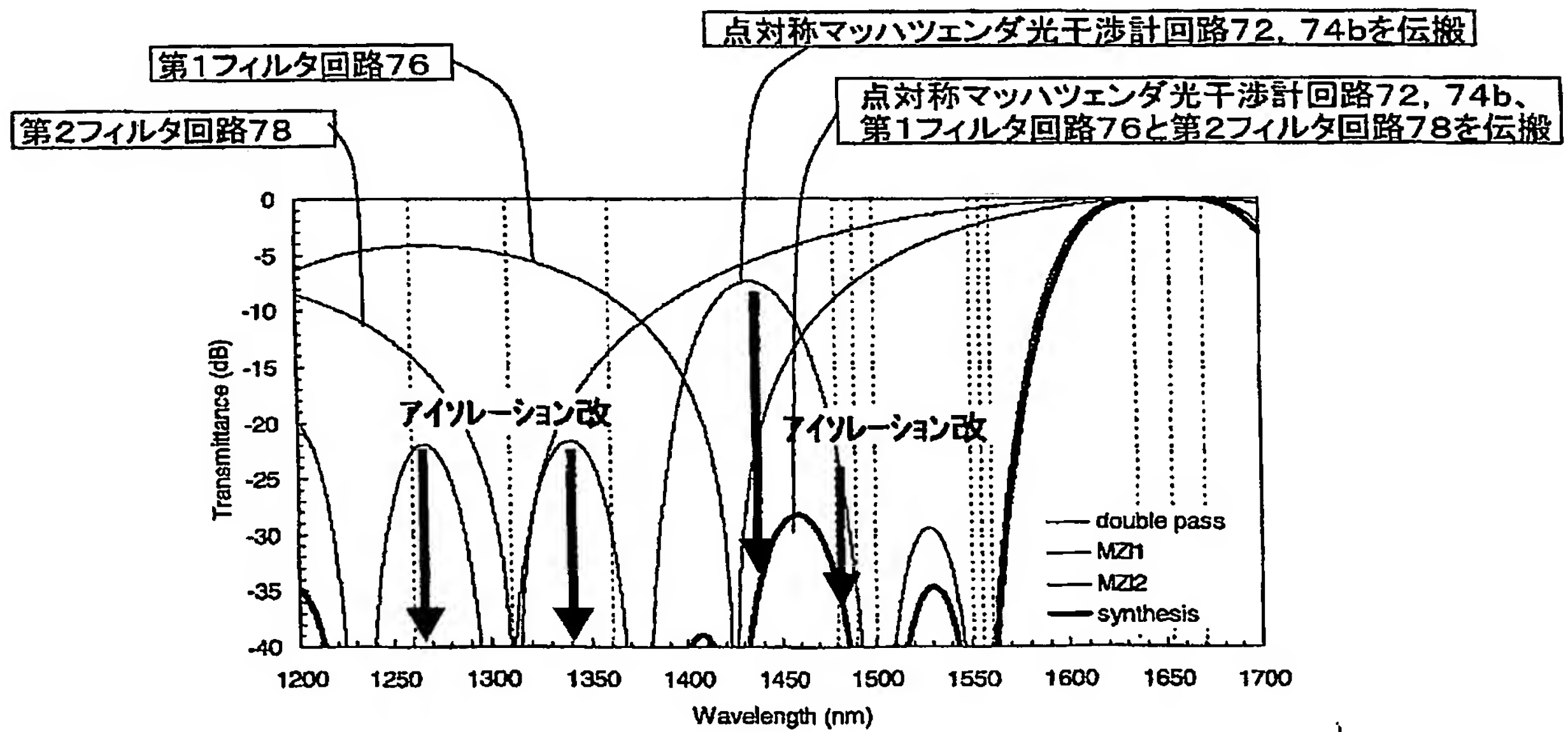
【図 3】



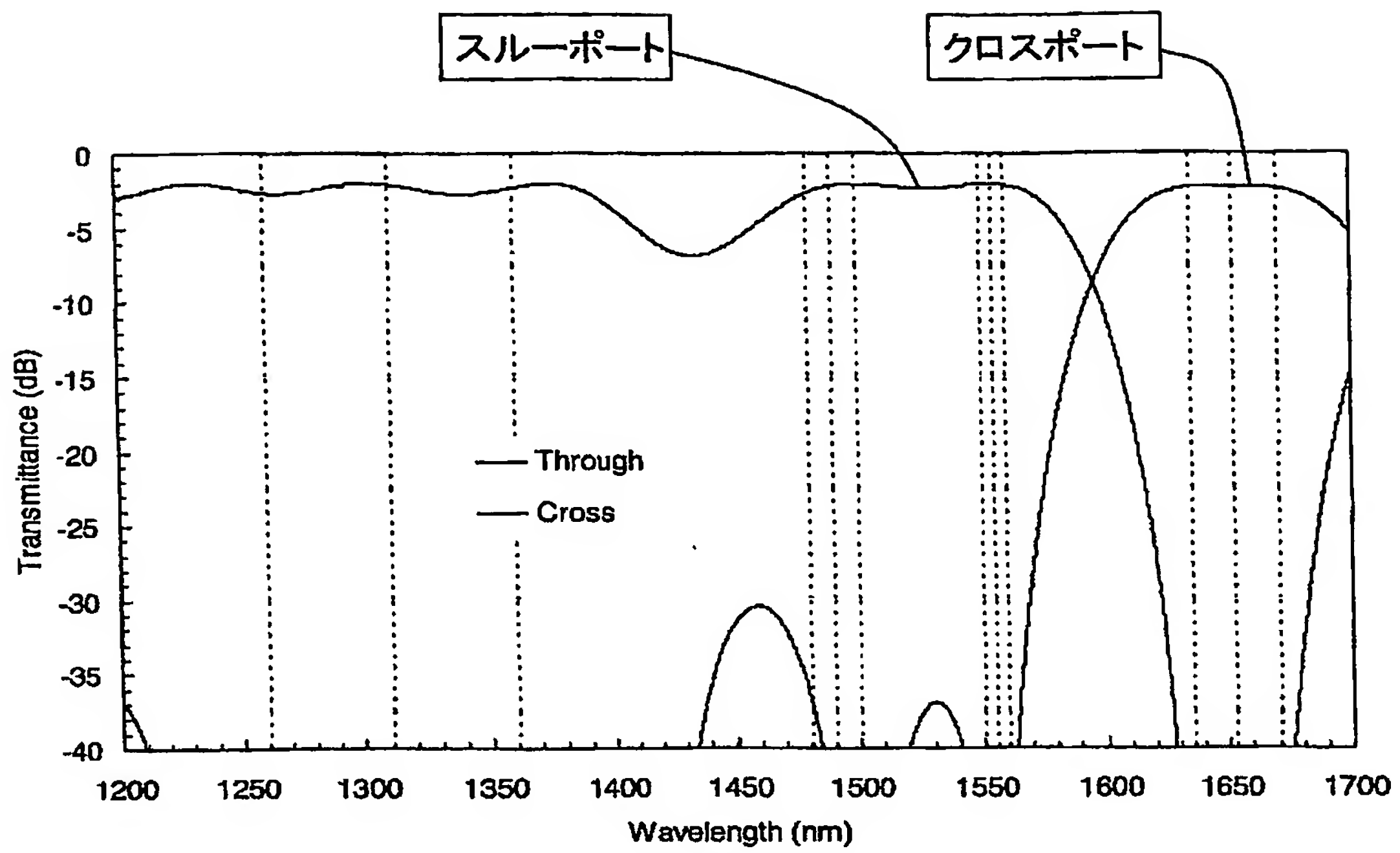
【図 4】



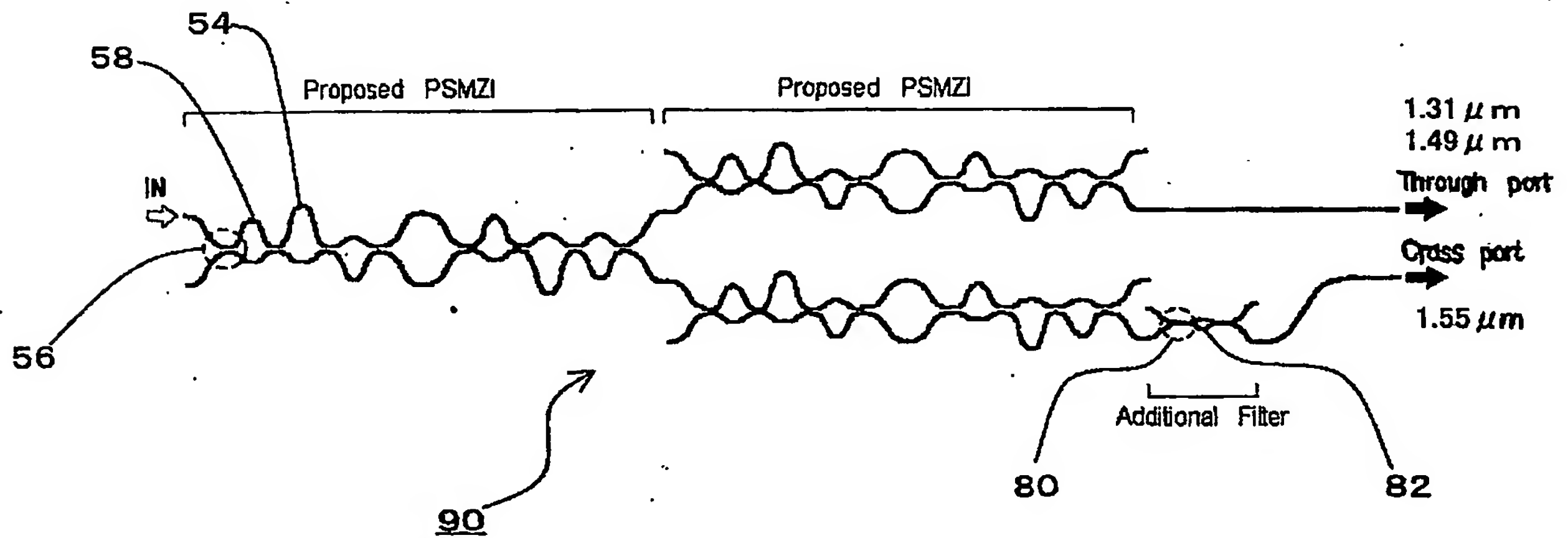
【図 5】



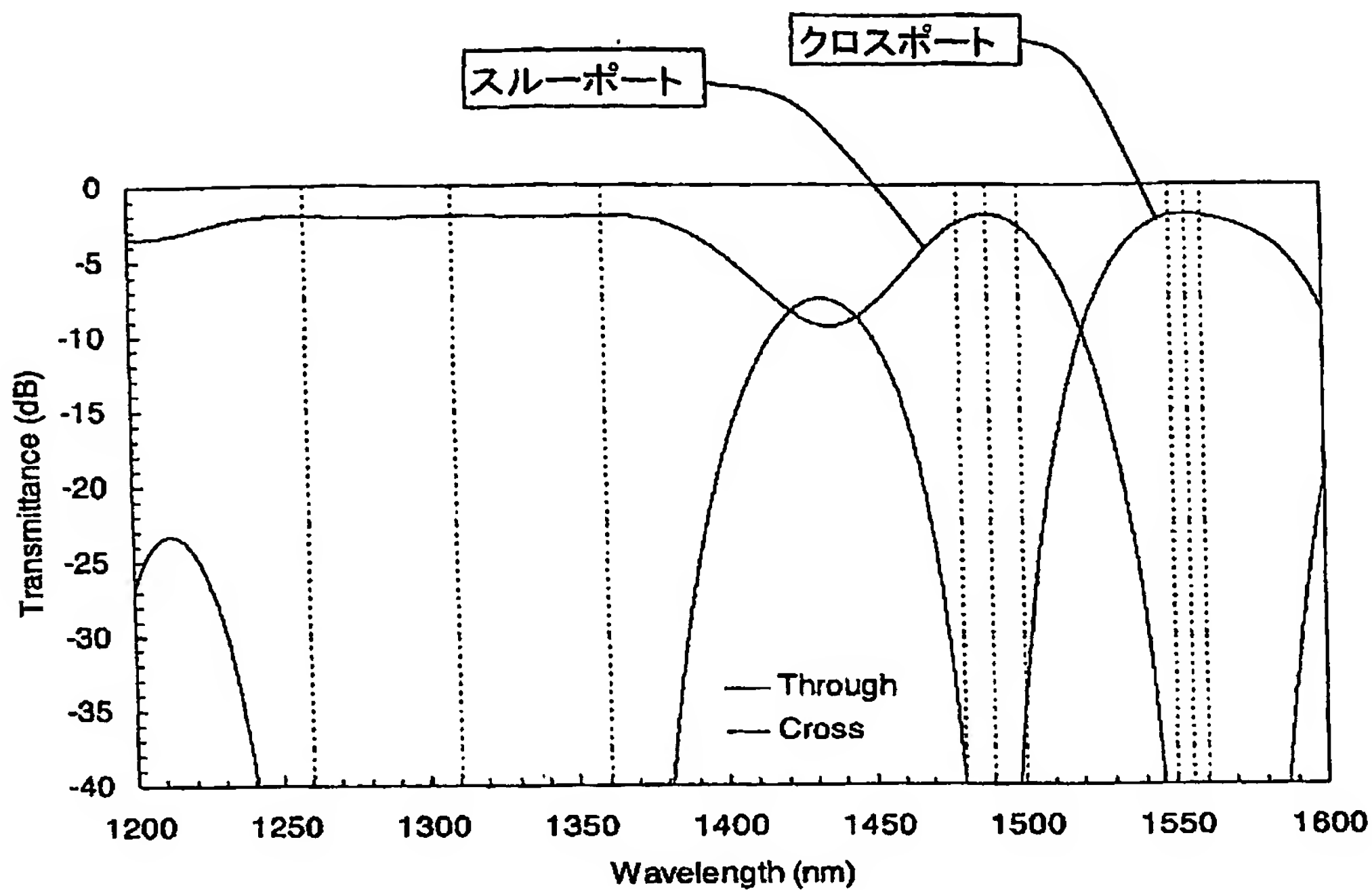
【図 6】



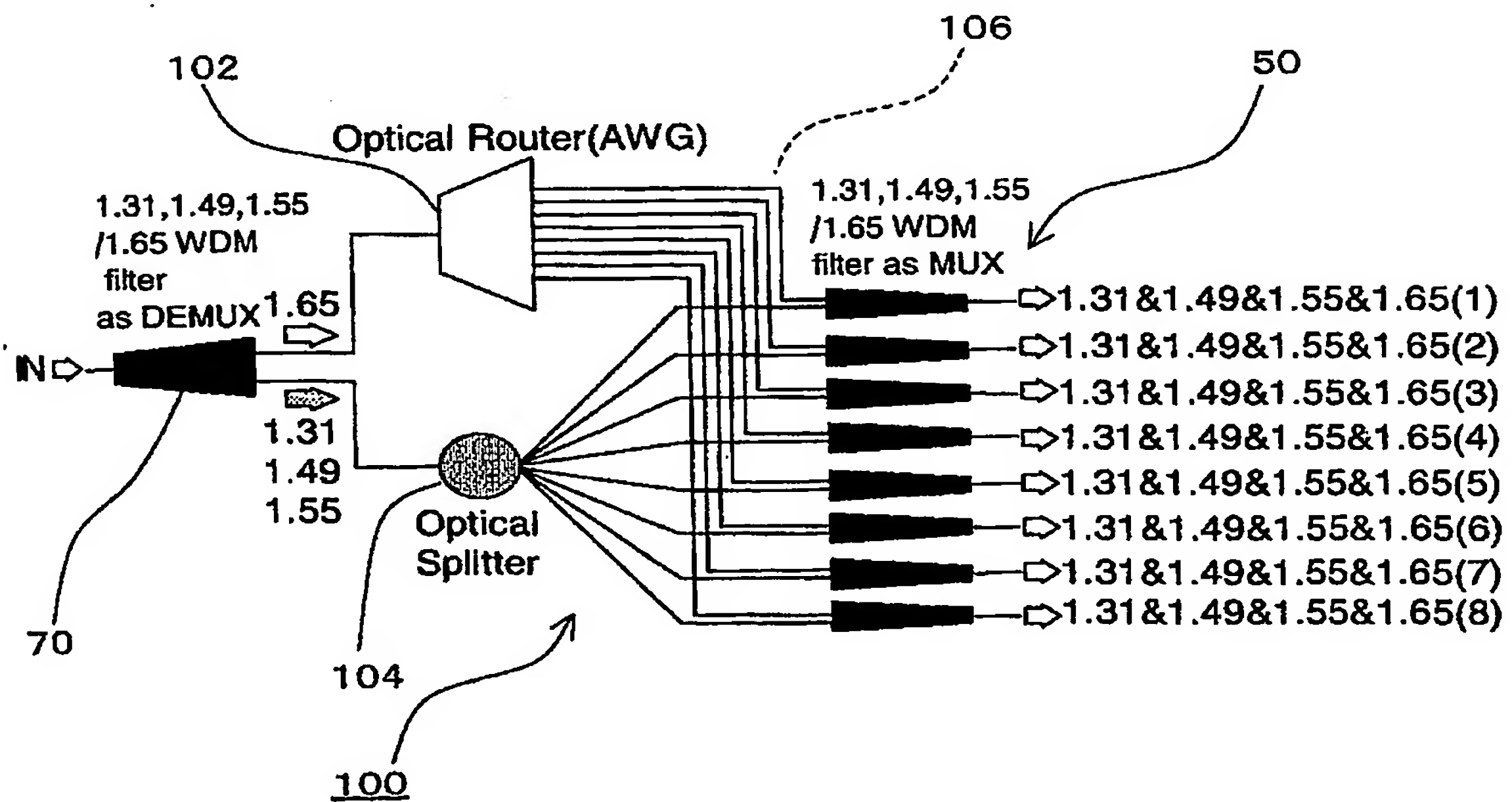
【図 7】



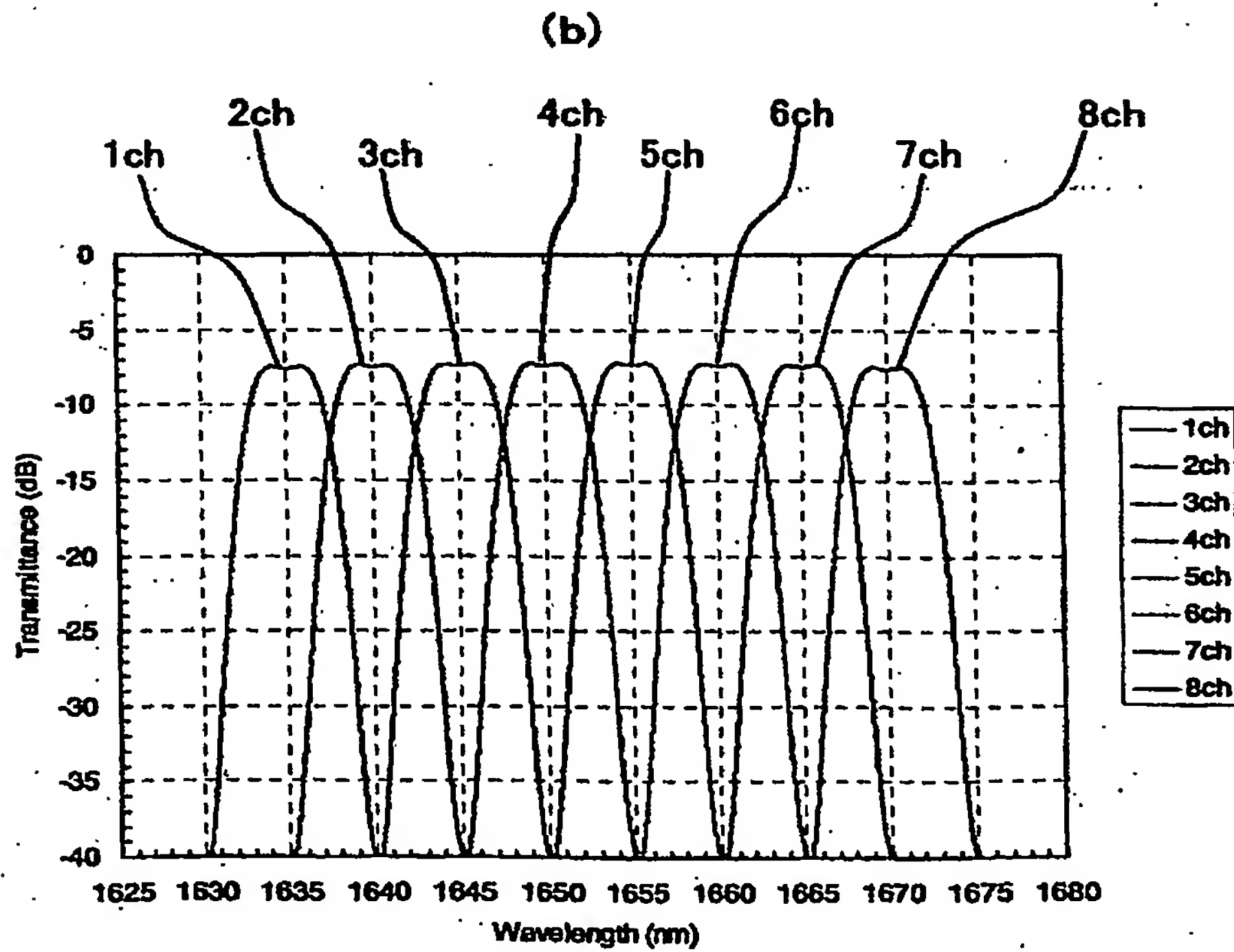
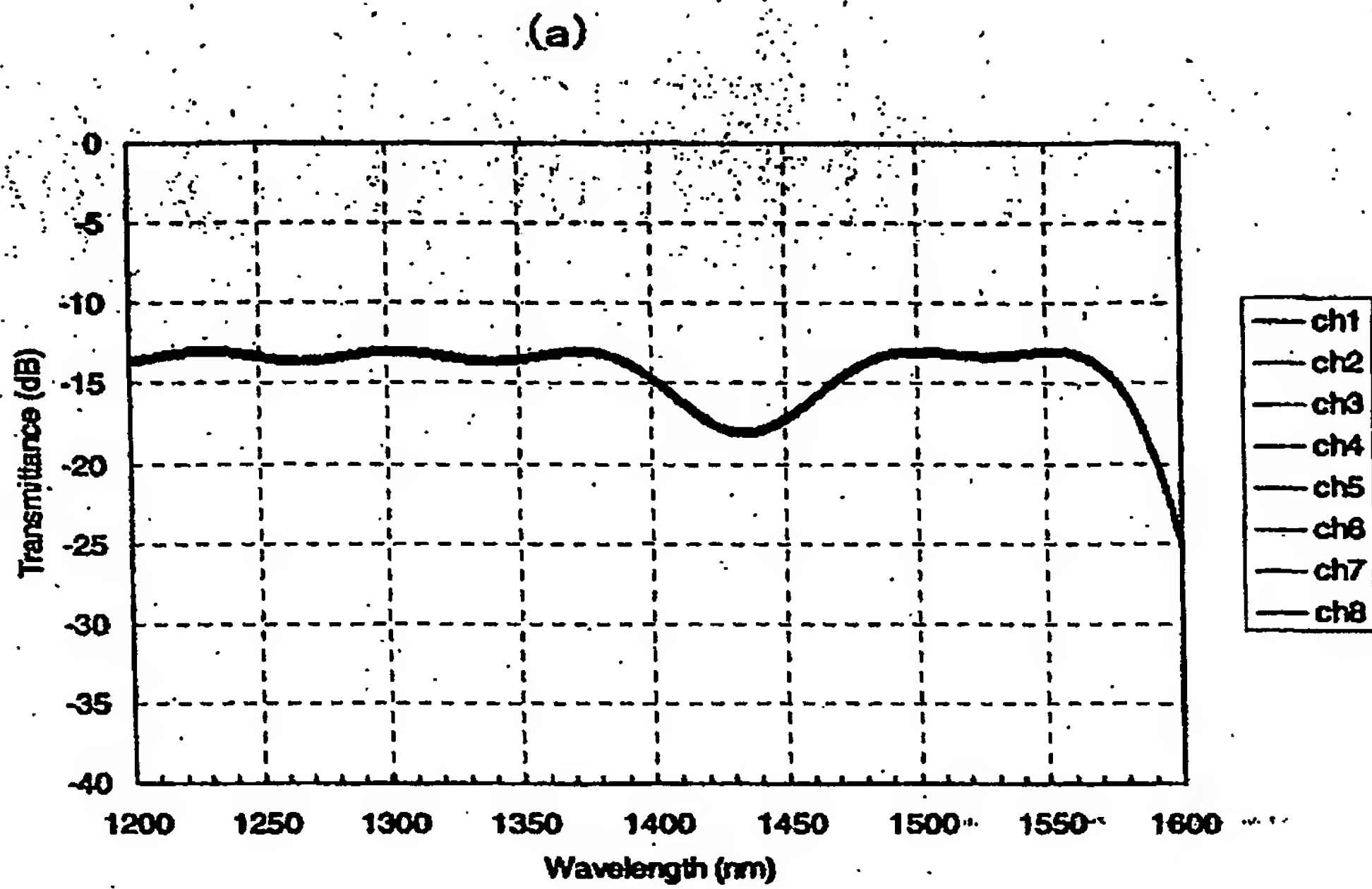
【図 8】



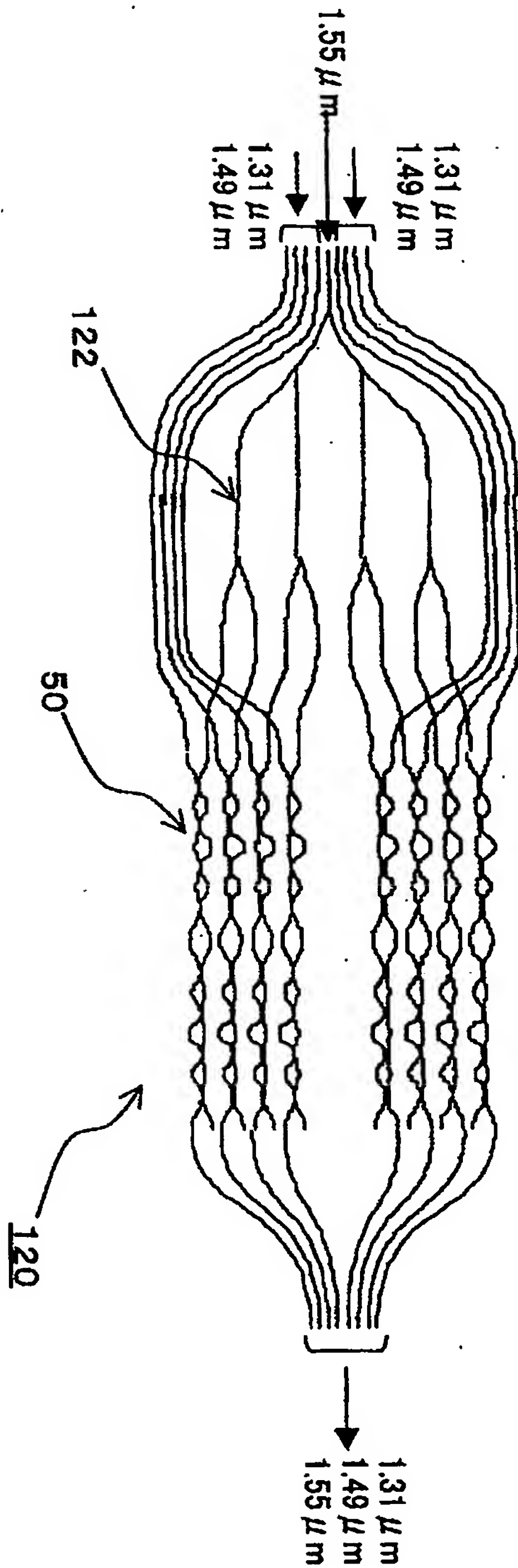
【図 9】



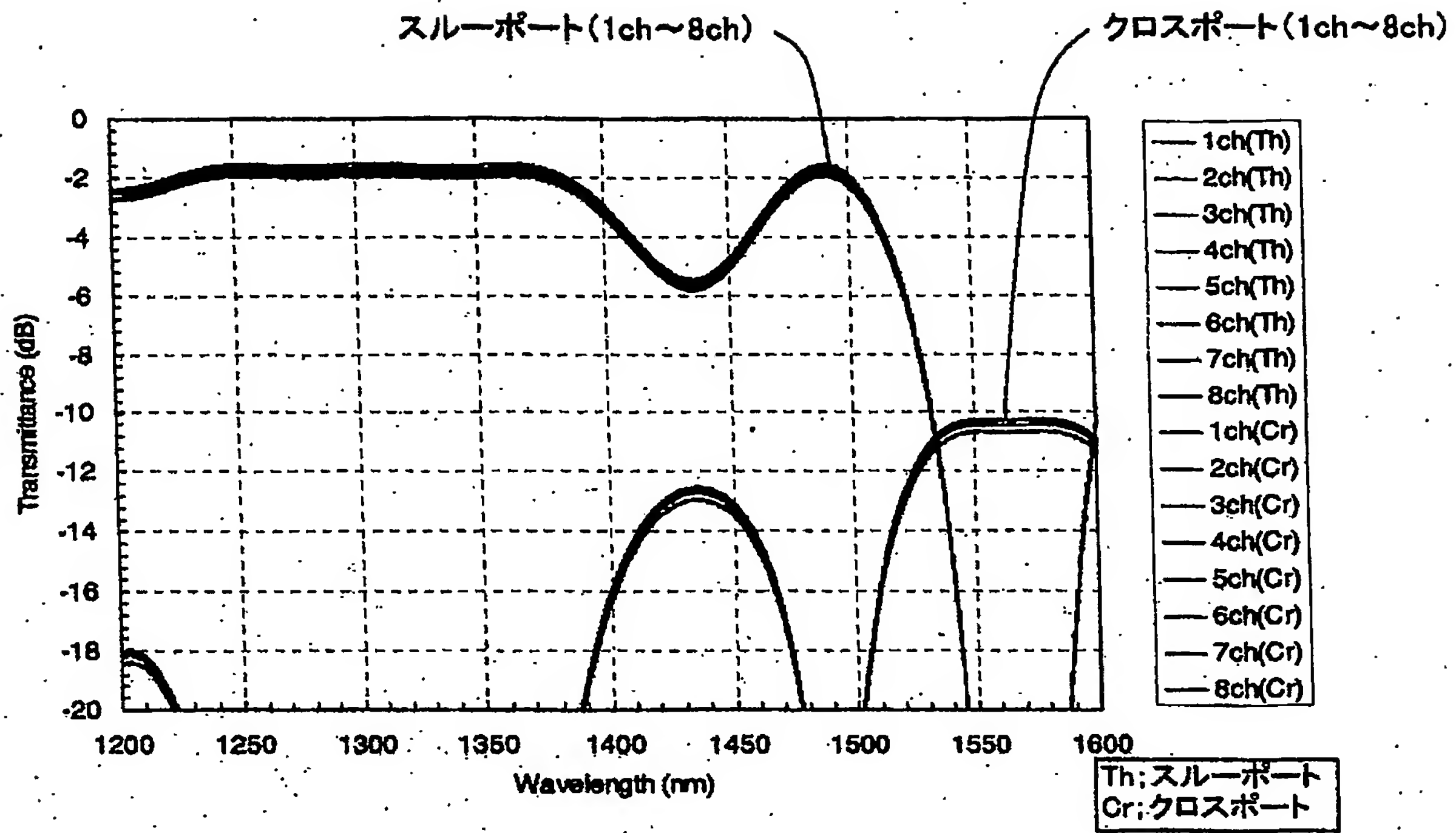
【図 10】



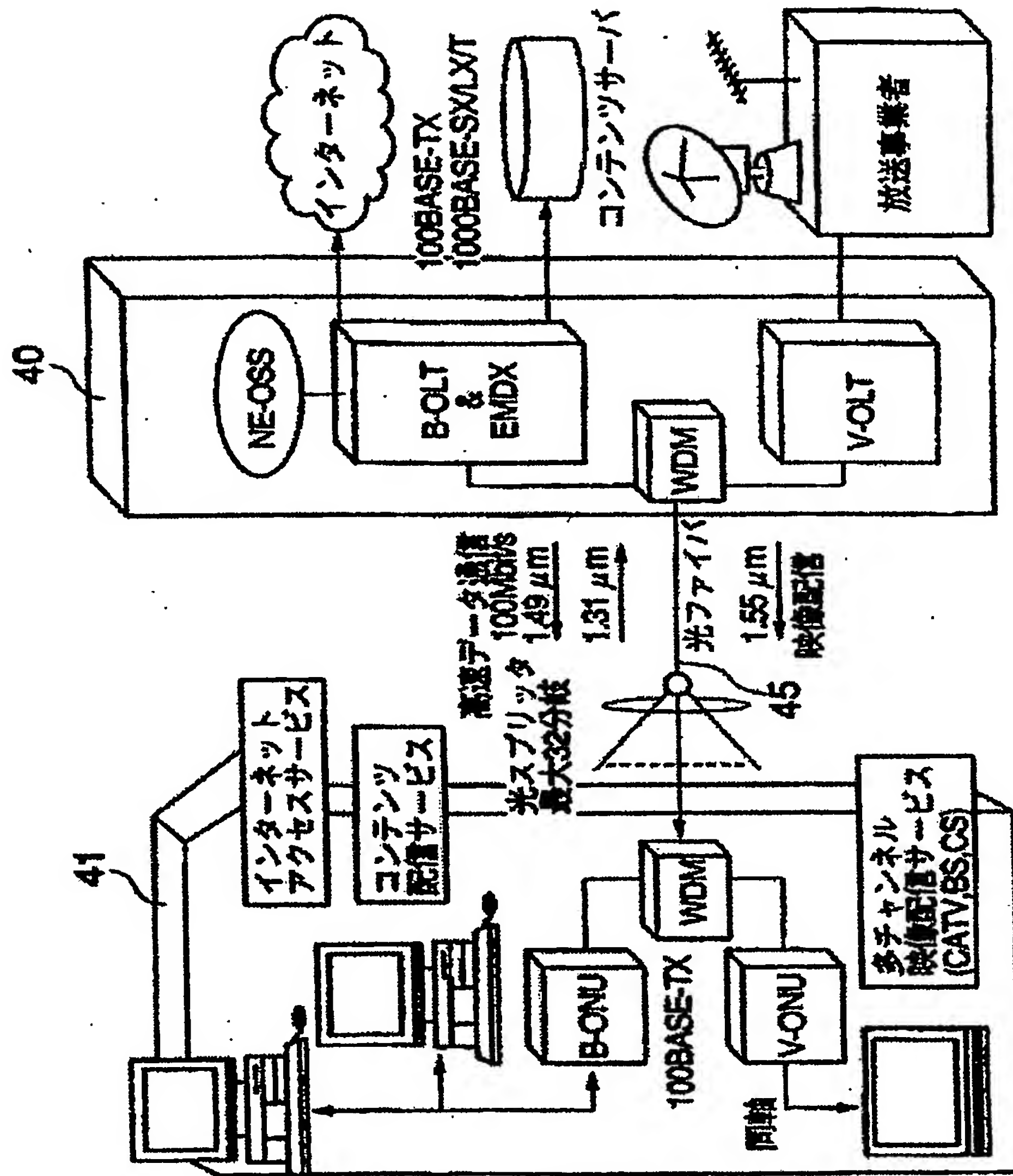
【図 11】



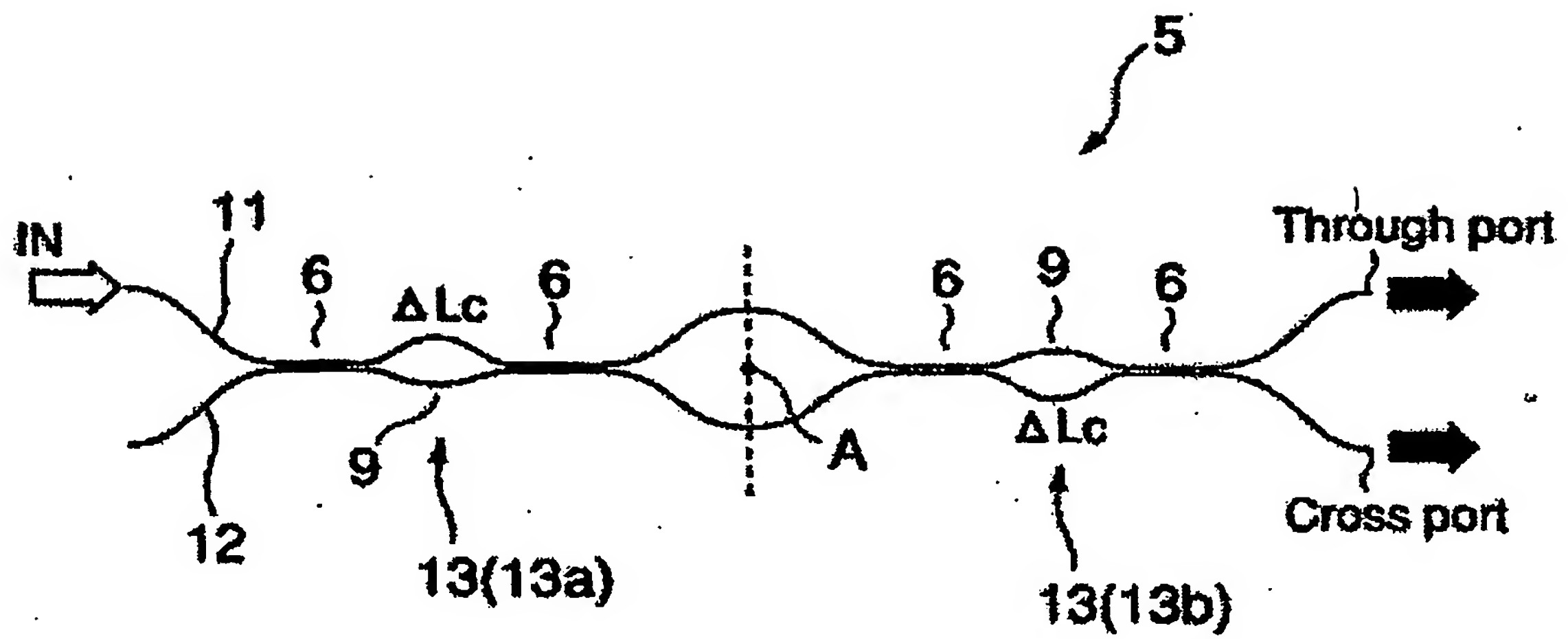
【図 12】



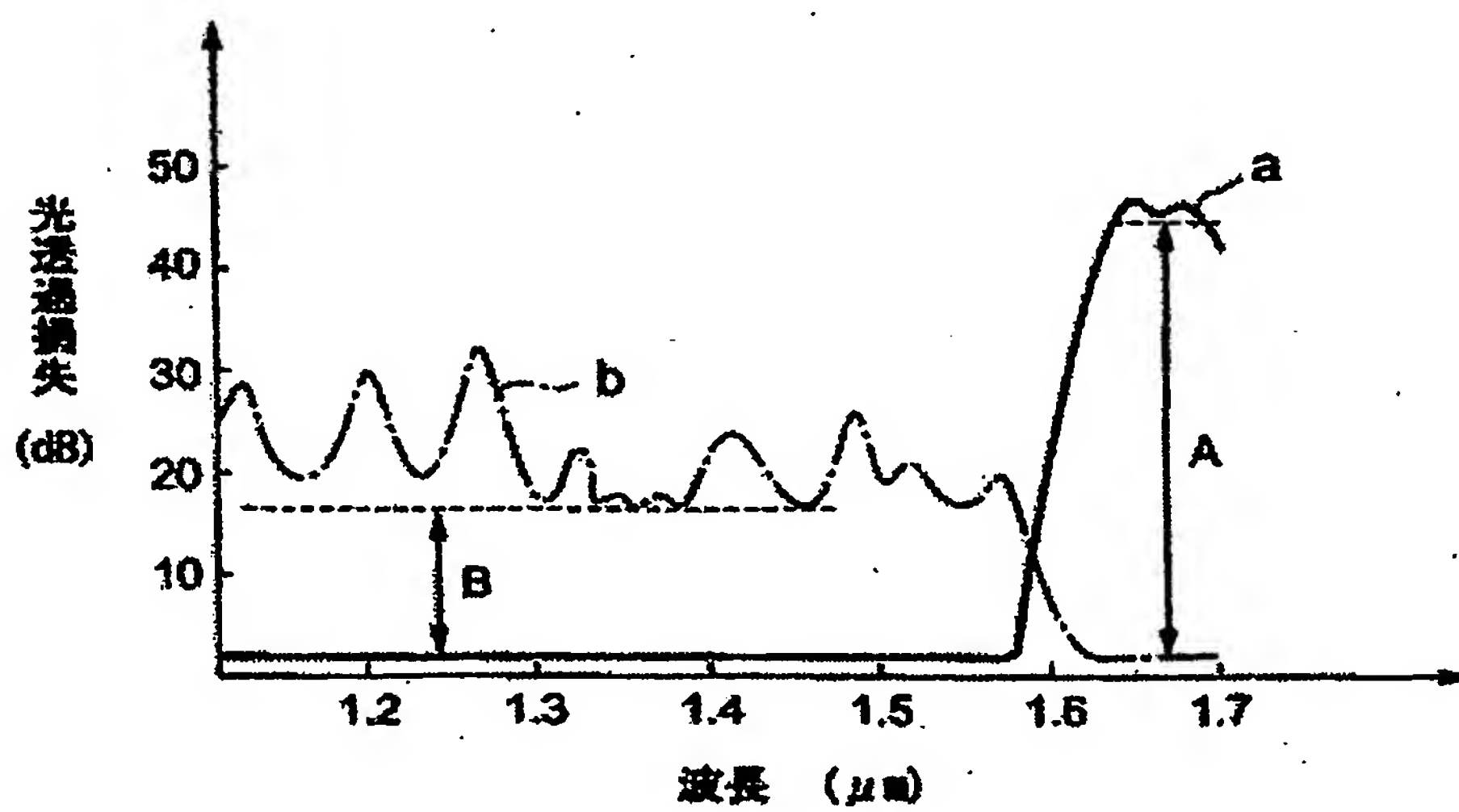
【図 13】



【図 14】



【図 15】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 広帯域の波長の合分波特性と高アイソレーション特性とが共に良好な広帯域波長合分波フィルタを提供する。

【解決手段】 本発明の広帯域波長合分波フィルタ 5 0 は、基板 1 5 上に、2 つの同一のマッハツェンダ光干渉計回路を完全点対称に縦列接続した第 1 の点対称接続光干渉計回路を設け、該第 1 の点対称接続光干渉計回路が 1 つ以上縦列接続されてなり、前記マッハツェンダ光干渉回路は 2 つの同一の光カプラを完全点対称に縦列接続させ、2 つの光カプラ 5 3 a, 5 3 b 間に位相部分 5 4 を備えた点対称接続マッハツェンダ干渉回路 5 2 a, 5 2 b であり、前記光カプラ 5 3 a, 5 3 b は同一の方向性結合器 5 6 と、前記位相部分 5 4 の長さ ΔL_1 とは異なる長さ ΔL_0 を有する第 2 の位相部分 5 8 とから構成されている。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 4 - 2 2 2 2 5 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 2 9 0]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号

氏 名

古河電気工業株式会社

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/001295

International filing date: 25 January 2005 (25.01.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-222250
Filing date: 29 July 2004 (29.07.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 10 March 2005 (10.03.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.